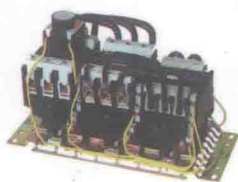


转移农村劳动力技能培训

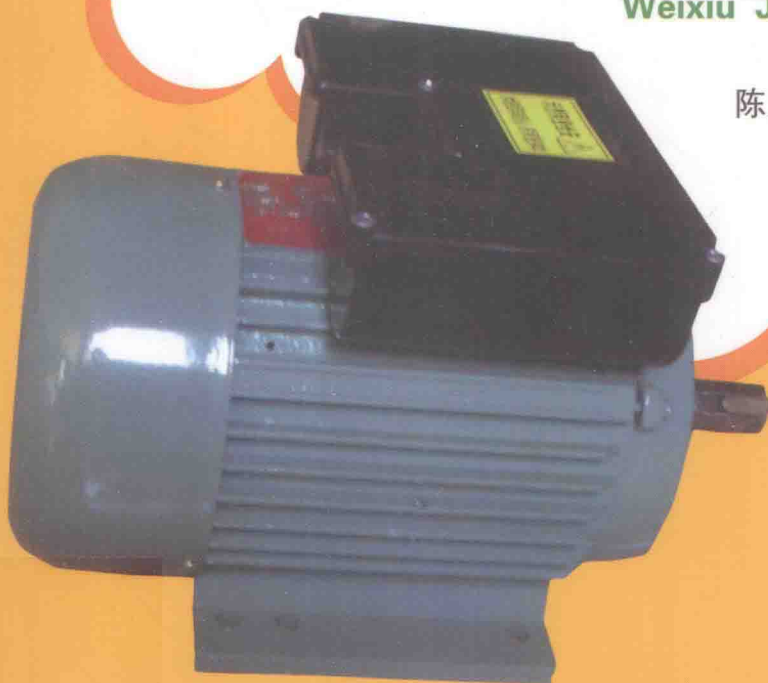
ZHUANYINONGCUNLAODONGLIJIJINENGPEIXUN



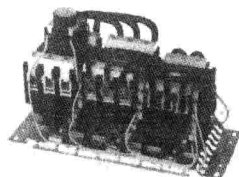
电动机 维修基本技能

Diandongji
Weixiu Jiben Jineng

陈义望 主编

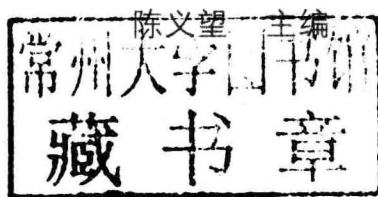


转移农村劳动力技能培训
ZHUANYINONGCUNLAODONGLIJINENGPEIXUN



电动机 维修基本技能

Diandongji
Weixiu Jiben Jineng



图书在版编目(CIP)数据

电动机维修基本技能/陈义望. —北京:金城出版社,
2010.9

(转移农村劳动力技能培训)

ISBN 978-7-80251-640-3

I. ①电 II. ①陈 III. ①电动机维修-技术培训-
教材 IV. ①TN756

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 174657 号

电动机维修基本技能

作 者 陈义望
责任编辑 钱雨竹
开 本 710 毫米×1000 毫米 1/16
字 数 280 千字
印 张 14
版 次 2010 年 9 月第 1 版 2014 年 1 月第 5 次印刷
印 刷 河南旺高印务有限公司
书 号 ISBN 978-7-80251-640-3
定 价 22.80 元

出版发行 金城出版社北京朝阳区和平街 11 区 37 号楼 邮编:100013
发 行 部 (010)84254364
编 辑 部 (010)64222699
总 编 室 (010)64228516
网 址 <http://www.jccb.com.cn>
电子邮箱 jinchengchuban@163.com
法律顾问 陈鹰律师事务所 (010)64970501

前 言

电动机维修基本技能是一门知识性、实践性和专业性都比较强的实用技术，其应用领域较广，各个行业及各个岗位涉及的技术各有侧重。为此，本丛书在编写时充分考虑了多数电工初学者的个体情况，以一个无专业基础的人从零起步初学电工技术的角度，将初学电工的必备知识和技能进行归类、整理和提炼，并选择了近年来中小型企业电工紧缺岗位从业人员必备的几个技能侧重点，用通俗的语言，多用图、表来讲解，重点讲如何巧学、巧用，回避了一些实用性不强的理论阐述，以便让文化程度不高的读者能通过直观、快捷的方式学好电动机维修基本技能，为今后工作和进一步学习打下基础。

电动机是一种把电能转换为机械能的设备，广泛应用于工农业生产、国防建设及日常生活的各个方面。电动机由于工作电压高、电流大，使用环境恶劣，较易出现故障。学习电动机维修已成为很多人求知致富的一条重要途径。在快节奏、高效率的现代社会中，你是否希望有一本既能够作为参考书，又能像老师一样悉心教你学习电动机维修的图书呢？

目前，市场上关于电动机维修的书可谓琳琅满目，目不暇接，然而你是否遇到过这种情形：看完一本电动机维修书后，对书中内容一知半解，甚至根本看不懂？这时你是否会感叹：“是不是我太笨了，连最基础的东西都看不懂！”初学者到底需要哪些电动机维修知识？什么样的书才能让初学者非常容易地接受并消化，真正做到维修不求人？基于当前大量农民工就业、在职职工转岗就业、毕业生择业上岗和有志青年自学成才需入门电工技术读物的需求，由中国电力出版社策划并组织有关专家、学者编写了《零起步巧学电工技术》丛书。

如果你对电动机维修还比较陌生，或者目前对它还有望而却步的感觉，那么，本书将一台台真实的电动引领到你身旁，让你认识它、了解它、掌握它，从而成为电动机维修的行家里手。

如果你已具有了一定的电动机维修知识和经验，并希望在这个领域有所作为，也不妨看看本书，本书在介绍电动机维修的同时，还非常注重基础知识的介绍。当你学完本书后，不仅能掌握一般电动机的维修知识，而且能提高你的实际操作能力和故障处理能力。总之，本书读者对象定位于对电动机感兴趣的初、中级用户，适用于电动机维修初学人员、维修专业人员和无线电爱好者。

目 录

第一章 电动机基础知识

第一节	电动机的动能	1
第二节	电动机的分类	2
第三节	电动机的产品型号	5
第四节	电动机的结构形式	10
第五节	系列电动机	18
第六节	电动机的工作制与定额	21

第二章 电动机维修基础知识

第一节	电磁基础知识	24
第二节	正弦交流电路	42
第三节	三相交流电路	47
第四节	电动机的分类及常用电动机介绍	51

第三章 三相异步电动机的拆装、组成及工作原理

第一节	三相异步电动机的拆卸与安装	55
第二节	三相异步电动机的组成	59
第三节	三相异步电动机的工作原理	64
第四节	维修三相异步电动机需要了解的一些知识	70

第四章 三相异步电动机绕组展开图的画法与嵌线技巧

第一节	电动机绕组概述	84
-----	---------------	----



电动机维修基本技能

第二节	单层绕组展开图的画法与嵌线技巧	91
第三节	双层绕组展开图的画法与嵌线技巧	100

第五章 诊断电动机故障技术

第一节	电动机故障类型及原因	107
第二节	电动机故障的检测诊断方法	117
第三节	电动机的故障检测诊断	122
第四节	电动机不能启动及转速偏低的故障诊断	135
第五节	电动机振动和响声异常的故障诊断	141
第六节	电动机过热的故障诊断	145

第六章 电动机机械故障维修技术

第一节	铁心故障维修	156
第二节	电动机转子故障修理	160
第三节	电动机转轴故障修理	163
第四节	电动机集电环故障修理	167
第五节	电刷故障修理	169
第六节	电动机轴承故障修理	171
第七节	机座和端盖故障修理	176
第八节	离心开关故障修理	181

第七章 电动机绕组故障维修技术

第一节	电动机绕组基础知识	183
第二节	三相异步电动机绕组的嵌线方法	190
第三节	三相异步电动机绕组的重绕	199

第一章 电动机基础知识

电动机（俗称马达）是一种把电能转换成机械能的设备。在电路中用字母 M 表示。它的主要作用是产生驱动力矩，作为用电器或工农业生产机械的动力源。

电动机能提供的功率范围很大，从毫瓦级到万千瓦级。电动机的使用和控制非常方便，具有自启动、加速、制动、反转等能力，能满足各种运行要求；电动机的工作效率较高，没有烟尘、气味，不污染环境，噪声也较小。由于它的一系列优点，电动机在工农业生产、交通运输、国防、商业及家用电器、医疗电气设备等各方面得到了广泛应用。

第一节 电动机的动能

1. 能量转换功能

实现机械能与电能之间的能量转换是电动机的基本功能。发电机把从原动机输入的机械能转换成绕组端口的电能，而电动机则反之，它把绕组端口从电网输入的电能转换成轴上输出的机械能。当然，在进行能量转换的过程中，电动机内部难免会产生一些损耗，这些损耗将转变成内能散发到电动机周围的冷却介质中，同时也使电动机的温度升高。由于这些损耗的存在，使电动机的效率总是小于 100%。

2. 受控功能

电动机正常运行时，如果其中某些电气的或机械的输入量发生变化时，电动机的运行状态和输出也会按照一定的规律随之发生变化。例如，当交流电动机的频率、电压、磁场或负荷等发生变化时，其感应电动势、电流、电磁转矩、功率和转速等也会随之变化。如果对交流电动机的频率、电压、磁场等进行控制，就可以使该电动机的运行状态和输出量按照控制要求变化。因此，电动机还具有根据输入量的改变而使输出量（例如转速、转矩、功率等）做出相应变化的功能，对于速度控制和伺服控制等自动控制系统，电动机的这种受控功能十分重要。

控制电动机是一类专门用来实现各种信号变换的电动机，在自动控制系统



统和计算装置中，主要用作检测、放大、执行、解算等功能。例如，测速电动机是一种速度检测元件，可以把轴上的转速信号转换成电压信号输出，可用于直流电动机或交流电动机的速度控制；伺服电动机是一种执行元件，可以把位置传感器检测到的位置信息转换成伺服电动机轴上输出的角位移或角速度，从而实现伺服系统的位置控制。

第二节 电动机的分类

电动机的种类较多，一般按照以下方法分类。

1. 直流电动机和交流电动机

电动机根据使用电源的不同，主要分为直流电动机和交流电动机两大类，而两大类中又分了许多种，见表 1—1。另外，还有一种单相串励电动机，它既可以使用直流电，也可以使用交流电。

表 1—1 电动机按使用电源分类

直流电动机	无刷直流电动机		
	有刷直流电动机	永磁式直流电动机	
		电磁式直流电动机	他励直流电动机
			并励直流电动机
			串励直流电动机
复励直流电动机			
交流电动机	异步电动机	三相异步电动机	笼型转子
			绕线转子
			分相式电动机
			电容启动电动机
			电容运转电动机
			电容启动运转电动机
			罩极式电动机
			同步电动机（三相、单相）

2. 同步电动机和异步电动机

电动机按结构及工作原理可分为同步电动机和异步电动机。

运行时，电动机转速比输入电压形成的旋转磁场慢一些（即异步）的电动机称为异步电动机，异步电动机可分为三相异步电动机、单相异步电动机。

运行时，电动机转速与输入电压形成的旋转磁场一致（即同步）的电动

机称为同步电动机。同步电动机还可分为永磁同步电动机、磁阻同步电动机和磁滞同步电动机。

随着工业的迅速发展,一些生产机械要求的功率越来越大,如空气压缩机、送风机、球磨机、电动发电机组等,功率可达数百乃至数千千瓦,采用同步电动机拖动更为合适。这是因为大功率同步电动机与同容量的异步电动机比较,有明显的优点。首先,同步电动机的功率因数较高,在运行时,不仅不使电网的功率因数降低,相反地,还能够改善电网的功率因数,这点是异步电动机做不到的;其次,对大功率低转速的电动机,同步电动机的体积比异步电动机的要小些。无刷同步电动机结构如图 1—1 所示。

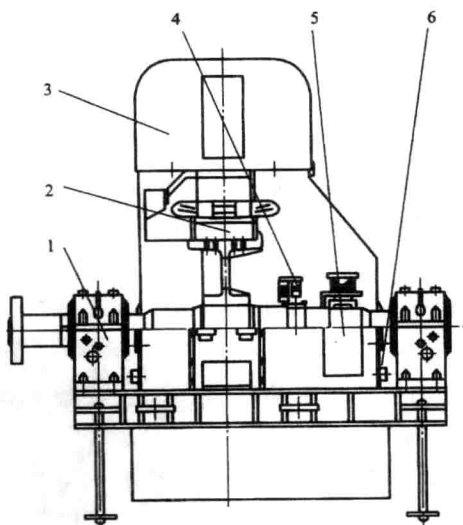


图 1—1 无刷同步电动机结构

- 1—滑动轴承; 2—无刷同步电动机绕组; 3—冷却器;
4—旋转整流器; 5—励磁发电机; 6—联轴器

3. 开启式和封闭式电动机

电动机按防护方式可分为开启式和封闭式两大类。

(1) 开启式电动机。开启式电动机的定子两侧和端盖上都有很大的通风口,如图 1—2 所示。它散热好,价格便宜,但容易进灰尘、水滴和铁屑等杂物,只能在清洁、干燥的环境中使用。开启式电动机又可分为以下几类。



电动机维修基本技能

防护式——机壳通风孔部分用金属网等防护，可防止外界杂物进入电动机内。

防滴式——可防止水流入电动机内。

防滴防护式——具有防滴式和防护式的特点。

防腐式——可在有腐蚀性气体的环境中使用。

(2) 封闭式电动机。封闭式电动机有封闭的机壳，电动机内部空气与外界不流通，与开启式电动机相比，其冷却效果较差，外形较大且价格高。封闭式电动机又分以下几类。

全封闭防腐式——可在有腐蚀性气体的环境中使用。

全封闭冷却式——电动机的转轴上安装有冷却风扇。

耐压防爆式——可防止电动机内部气体爆炸而引爆外界爆炸性气体。

充气防爆式——电动机内充有空气或阻燃性气体，内部压力较高，可防止外界爆炸性气体进入电动机。

生产生活中使用的电动机多数是封闭式电动机。

4. 驱动用电动机和控制用电动机

电动机按用途可分为驱动用电动机和控制用电动机。

驱动用电动机又分为电动工具（包括钻孔、抛光、磨光、开槽、切割、扩孔等工具）用电动机、家电（包括洗衣机、电风扇、电冰箱、空调器、录音机、录像机、影碟机、吸尘器、照相机、电吹风、电动剃须刀等）用电动机及其他通用机械设备（包括各种机床、机械、医疗器械、电子仪器等）用电动机。

控制用电动机又分为步进电动机和伺服电动机等。

5. 卧式和立式电动机

电动机按安装方式，可分为卧式和立式。卧式电动机的转轴安装后为水平位置，立式的转轴则为垂直地面的位置，如图 1—3 所示。两种类型电动机使用的轴承不同，立式的价格稍高。日常使用的电动机一般为卧式。

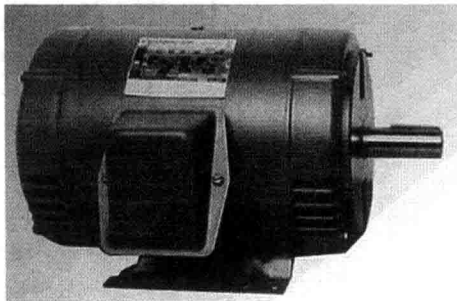


图 1—2 开启式电动机

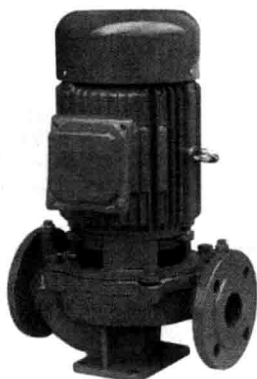


图 1—3 立式电动机应用示例

电动机的几种分类方法

电动机的分类还可以有其他方法。例如，按机座号的大小或功率的大小，电动机可分为大型、中型、小型和小功率电动机。一般来说，电枢铁、心外径大于 990mm 的电动机为大型电机，中心高 H 在 400~630mm 范围内的电动机为中型电动机。小功率电动机是将转速折算至 500r/min 时，其连续定额时的额定功率不超过 1.1kW 的电动机。

电动机还可按外壳防护形式、冷却方法、安装形式、使用环境条件、绝缘结构、励磁方式和工作制等特征进行分类。电动机按结构形式分类如表 1—2。

表 1—2

电机按结构形式分类

分类标准	类 型
按外壳防护形式	开启式、防护式、封闭式、防尘式、防爆式等
按通风冷却方式	自冷式、自扇冷式、他扇冷式、管道通风式等
按安装形式	卧式、立式、凸缘（带底脚或不带底脚）
按绝缘等级	A 级、E 级、B 级、F 级、H 级
按工作制	连续、短时、周期、非周期
按电动机尺寸中心高和定子铁心外径	大型、中型、小型、小功率

第三节 电动机的产品型号

按照《电机产品型号编制方法》的规定，电动机的产品型号由产品代号、规



格代号、特殊环境代号以及补充代号四部分组成，并按图 1—4 所示的顺序排列。

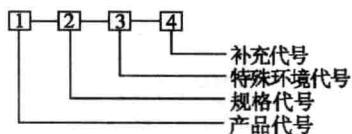


图 1—4 电动机的产品型号

在产品铭牌较小，而型号又较长的情况下，如产品代号、规格代号、特殊环境代号和补充代号的数字和字母之间不会引起混淆时，可省去它们之间的短线。

1. 产品代号

电机产品代号又由电机类型代号、电机特点代号、设计序号和励磁方式代号等 4 个小节按顺序组成。

(1) 类型代号。我国的电机类型代号采用汉语拼音来表示各种不同类型的电机，见表 1—3。

表 1—3 电机产品代号

序号	电机类型	代号
1	异步电动机（笼型及绕线转子型）	Y
2	同步电动机	T
3	同步发电机（除汽轮发电机、水轮发电机外）	TF
4	直流电动机	Z
5	直流发电机	ZF
6	汽轮发电机	QF
7	水轮发电机	SF
8	测功机	C
9	交流换向器电动机	H
10	潜水电泵	Q
11	纺织用电动机	F

(2) 特点代号。表示电动机的性能、结构或用途等，采用汉语拼音字母标注。对于防爆电动机，代表防爆类型的字母 A（增安型）、B（隔爆型）和 ZY（正压型）应标于电动机的特点代号首位，即紧接在电动机类型代号后面标注。

(3) 设计序号。指电动机产品设计的顺序,用阿拉伯数字表示。对于第一次设计的产品不标注设计序号,派生系列设计序号按基本系列标注,专用系列按本身设计的顺序标注。

当不必标注设计序号时,则标于特点代号之后,并用短线分开。

(4) 励磁方式代号。用汉语拼音字母标注,其中S表示三次谐波励磁、J表示晶闸管励磁、X表示相复励励磁,并应标注于设计序号之后。

2. 规格代号

电机规格代号用轴中心高、铁心外径、机座号、机壳外径、轴伸直径、凸缘代号、机座长度、铁心长度、功率、电流等级、转速或极数等来表示。

机座长度采用国际通用字母号表示,S表示短机座、M表示中机座、L表示长机座。铁心长度按由短至长,依次用数字1,2,⋯表示。极数也用阿拉伯数字表示。

常用主要系列电动机产品的规格代号构成如表1—4所示。

表 1—4 常用主要系列电动机产品的规格代号

电动机类型	规格代号构成	举例
小型异步电动机	中心高(mm)机座长度(字母代号)铁心长度(数字代号)一极数	YR132M1-4
	中心高(mm)机座长度(字母代号)一极数	Y2-112M-4
中大型异步电动机	中心高(mm)机座长度(字母代号)铁心长度(数字代号)一极数	Y400-2-6
小型同步电动机	中心高(mm)机座长度(字母代号)	T2-160S2
小型直流电动机	中心高(mm)铁心长度(数字代号)一端盖代号(数字代号)	Z4-180-21

大中型电动机的划分

(1) 大、中、小型交流电动机(同步电动机和异步电动机)的划分。小型交流电动机,即中心高为315mm及以下或定子铁心外径为560mm及以下的电动机;中型交流电动机,即中心高大于315~630mm或定子铁心外径大于560~990mm的电动机;大型交流电动机,即中心高大于630mm或定子铁心外径大于990mm以上的电动机。



(2) 大、中、小型直流电动机的划分。小型直流电动机，即中心高为 400mm 及以下或电枢铁心外径为 368mm 及以下的电动机；中型直流电动机，即中心高大于 400~1000mm 或电枢铁心外径大于 368~990mm 的电动机；大型直流电动机，即中心高大于 1000mm 或电枢铁心外径为 990mm 以上的电动机。

3. 特殊环境代号

电动机的特殊环境代号如表 1—5 所列。若同时适用于一个以上的特殊环境时，则按该表中所示代号的顺序排列。

表 1—5 电动机的特殊环境代号

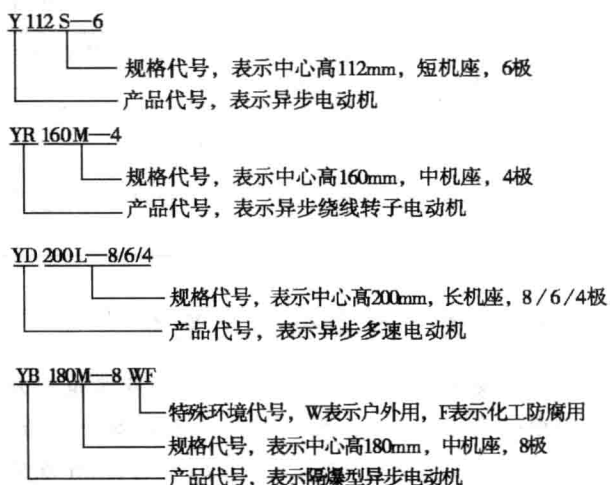
特殊环境	高原用	航(海)用	户外用	化工防腐用	热带用	湿热带用	干热带用
代号	G	H	W	F	T	TH	TA

4. 补充代号

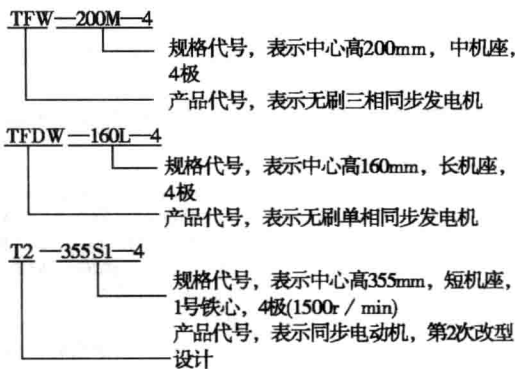
补充代号仅适用于有此要求的电动机，用汉语拼音字母（不应与特殊环境代号重复）或阿拉伯数字表示。补充代号所代表的意义应在产品标准中作具体说明。

主要电动机产品型号识读

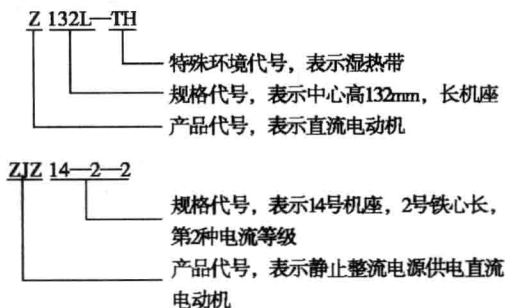
(1) 异步电动机型号



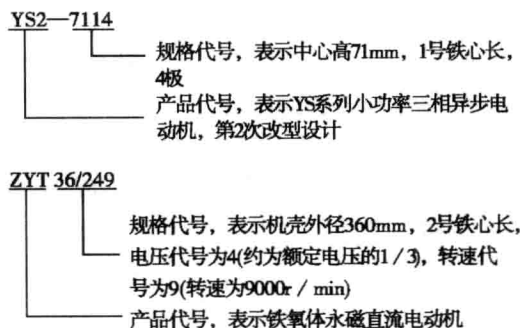
(2) 同步电机型号

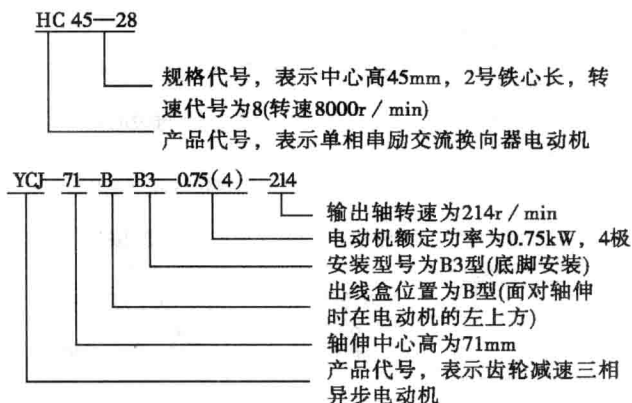


(3) 直流电动机型号



(4) 小功率电动机型号





第四节 电动机的结构形式

电动机的结构形式是指电动机的固定用构件、轴承装置以及轴伸等部件的构成情况，主要包括电动机的外壳防护形式、冷却方法以及安装方法等。不同结构形式的电动机，可以适应不同的使用环境和不同的使用要求。同一种类型的电动机，也可以有多种不同的结构形式，现分别说明如下。

电机外壳防护形式

根据有关国家标准规定，电机的外壳防护应包括：防止人体触及、接近机壳内带电部分和触及机壳内转动部分，以及防止固体异物进入电机内部的防护（第一类防护）和防止水进入电机内部而引起有害影响的防护（第二类防护）。

在设计和使用电机时，必须充分考虑电机的使用环境和使用要求，以便设计和选用具有适当外壳防护等级的电机。

我国的电机外壳防护等级代号采用“国际防护”的英文缩写 IP 以及附加在后面的两个数字表示防止人体触及和防止固体异物进入电机的防护，第二个表征数字表示防止水进入电机的防护，前者（第一位数字）分为 6 个等级（0~5），后者（第二位数字）则分为 9 个等级（0~8），如表 1—6 所示。

表 1—6 电动机的外壳防护分级

第 1 位 数字	对人体和固体异物的 防护分级	第 2 位 数字	对防止水进入的防护分级
0	无防护型	0	无防护型
1	半防护型（防止直径大于 50mm 的固体异物进入）	1	防滴水型（防止垂直滴水）
2	防护型（防止直径大于 12mm 的固体异物进入）	2	防滴水型（防止与垂直成 $\theta \leq 15^\circ$ 的 滴水）
3	封闭型（防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入）	3	防淋水型（防护与垂直线成 $\theta \leq 60^\circ$ 的淋水）
4	全封闭型（防止直径大于 1mm 的固体异物进入）	4	防溅水型（防护任何方向的溅水）
5	防尘型	5	防喷水型（防护任何方向的喷水）
		6	防海浪型或强加喷水
		7	防浸水型
		8	潜水型

电动机常用的防护等级有 IP11、IP21、IP22、IP23、IP44、IP54 和 IP55 等。

例如，外壳防护等级为 IP44，其中第 1 位数字“4”表示对人体触及和固体异物的防护等级（即电动机外壳能够防护直径大于 1mm 的固体异物触及或接近机壳内的带电部分或转动部分）；而第 2 位数字“4”则表示对防止水进入电动机内部的防护等级（即电动机外壳能够承受任何方向的溅水而无害影响）。外壳防护等级为 IP54，其对人体触及和固体异物的防护等级提高为防尘型，而对水进入电动机内部的防护等级与 IP44 相同。

电动机的冷却方法

电动机进行机电能量转换时，电动机内部会产生铜耗、铁耗、机械损耗和杂散损耗等各种损耗。这些损耗将转换成内能，首先由热传导作用传递到部件表面，然后通过对流和辐射作用散发到周围冷却介质中。与此同时，也使电动机内各部件的温度升高。当绕组和铁心温度超过一定限值时，绝缘材料将因过热而受损，严重时甚至被烧毁。

电动机的容量越大，其发热和冷却问题也就越突出。要想降低电动机内各部件（主要是绕组和铁心）的温度，一方面应增强电动机内部的热传导能